

·专家论坛·

影像学检查在胰腺导管腺癌临床诊疗路径中的作用及价值

何 铭，薛华丹

中国医学科学院 北京协和医学院 北京协和医院放射科，北京 100730

通信作者：薛华丹 电话：010-69157451，E-mail：bjdanna95@163.com

【摘要】胰腺导管腺癌（pancreatic ductal carcinoma，PDAC）是一种极为凶险、高度恶性的消化道肿瘤，其诊治路径中的常见问题主要包括：（1）筛查和早期检出；（2）准确诊断分期；（3）鉴别诊断；（4）随访及治疗评估，影像学在其中均扮演重要角色。本文总结各种影像学检查在 PDAC 诊治路径中的作用及价值，深入了解各种影像学检查的优势和局限性，提供基于证据的 PDAC 影像学检查流程，并重点阐述 PDAC 影像诊断与鉴别诊断要点，从而更好地指导临床决策，改善 PDAC 患者预后。

【关键词】胰腺癌；诊治；临床路径；影像学

【中图分类号】R445；R735.9 【文献标志码】A 【文章编号】1674-9081(2019)01-0000-08

DOI：10.3969/j.issn.1674-9081.2019.01.000

State-of-the-art Imaging in the Diagnosis and Treatment of Pancreatic Ductal Carcinoma: Current Role and Value

HE Ming, XUE Hua-dan

Department of Radiology, Peking Union Medical College Hospital, Chinese Academy of Medical Sciencess & Peking Union Medical College, Beijing 100730, China

Corresponding author: XUE Hua-dan Tel: 010-69157451, E-mail: bjdanna95@163.com

【**Abstract**】Pancreatic ductal carcinoma (PDAC) is a highly malignant tumor of the digestive tract. The common problems in its diagnosis and treatment include: (1) screening and early detection; (2) accurate diagnosis and staging; (3) differential diagnosis; (4) follow-up and treatment evaluation, in which imaging plays an important role. This article summarized the role and value of various imaging examinations in the diagnosis and treatment of PDAC, explained the advantages and limitations of various imaging examinations, provided evidence-based PDAC imaging examination process, and focused on the key points of PDAC imaging diagnosis and differential diagnosis, so as to better guide clinical decision-making and improve the prognosis of patients with PDAC.

【**Key words**】pancreatic ductal carcinoma; diagnosis and treatment; clinical pathway; imaging

Med J PUMCH, 2019,10(1):0-00

胰腺导管腺癌（pancreatic ductal carcinoma，PDAC）是一种极为凶险、高度恶性的消化道肿瘤，发病呈明显年轻化趋势，预后很差，5 年总生存率仅为 7%~8%[1]。2015 年数据显示，我国 PDAC 发病率已上升至第 6 位，死亡率上升至第 9 位[2]，美国研究数据表明，2030 年 PDAC 将成为死亡率第二的肿瘤[3]。

PDAC 诊治路径中的常见问题主要包括：（1）筛

基金项目：国家自然科学基金面上项目（81871512）；利益冲突：无

查和早期检出；（2）准确诊断分期；（3）鉴别诊断；（4）随访及治疗评估，这其中影像学均扮演着重要角色。故本文将总结各种影像学检查在 PDAC 诊治路径中的作用及价值，深入了解各种影像学检查的优势和局限性，提供基于证据的 PDAC 影像学检查流程，从而更好地指导临床决策，改善 PDAC 患者的预后。此外，本文还将介绍近期影像学的进展，为未来研究提供方向。

1 筛查和早期检出

1.1 筛查

PDAC 的早期筛查可改善其预后，筛查对象的选择主要依据家族史和可确定的遗传易感性[4]。2013 年国际 PDAC 筛查联合会推荐对下列人群从 50 岁开始进行筛查：（1）家族性胰腺癌（familial pancreatic cancer，FPC）家系中的一代直系亲属（first-degree relatives，FDR）、且该家系中存在至少 2 例患病的 FDR；（2）Peutz-Jeghers 综合征患者；（3）有至少 1 名 FDR 的 CDKN2A（p16）、BRCA1、BRCA2、PALB2 和 Lynch 综合征基因突变携带者或遗传性胰腺炎患者。因一项盲法比较超声内镜（endoscopic ultrasonography，EUS），磁共振成像（magnetic resonance imaging，MRI）和 CT 对 PDAC 检出的横断面研究结果表明，EUS 和 MRI 的病变检出率相当，优于 CT[5]，故该联合会推荐行 EUS 和/或 MRI 及磁共振胰胆管成像（magnetic resonance cholangiopancreatography，MRCP）进行筛查。此外，如果在基线评估中未发现胰腺病变，则推荐每年行 EUS 和/或 MRI 及 MRCP 监测[6]。

EUS 对于 PDAC 筛查有许多优势，包括更好地检出胰腺较小的实性病变，无电离辐射，无需使用对比剂，细针抽吸/活检细胞病理学结果等。但 EUS 检查也有一定局限性，主要包括存在较大的主观依赖性，属于侵入性有创操作，无法了解胰腺外情况等[7]。

MRI 及 MRCP 对小的囊性病变检出更加敏感，可观察了解胰腺外情况，明确病变与胰管关系，此外，促胰液素增强 MRCP 可进一步提高导管病变检出率[8]。但 MR 具有相应的检查禁忌证，包括金属植入物和幽闭恐惧症，此外注射含钆对比剂时可能具有一定肾毒性。

1.2 早期检出

尽管过去在 PDAC 诊断方法和治疗方面取得了一定进展，PDAC 患者的预后仍很差。其原因之一是无法早期确诊，确诊时肿瘤多出现局部侵犯和远处转移[9-10]。目前，多采用病变大小对早期 PDAC 进行定义，但需注意的是，不同研究间大小限定有一定差异，有的研究将<3 cm 的 PDAC 定义为早期 PDAC，而部分研究则采用<2 cm 作为标准。

CT 和经腹超声对早期 PDAC 的诊断价值不大，通常只能看到间接征象，如胰管扩张、截断，胆总管狭窄或胰腺轮廓改变等。2004 年，一项纳入 18 例直径<2 cm的 PDAC 的研究表明，CT 对其敏感度仅为 77%[11]。多项关于能谱 CT 的研究表明，不同能级图像和碘物质图可以提高小 PDAC 的检出，且具有很好的一致性[12-13]。但该部分研究尚需大样本前瞻性研究的证实。

在胰腺疾病的评估中，MR 主要作为解决问题的工具，其具有较高的软组织分辨率并可无创评价胰胆管系统。已有研究结果显示，MRI 对于胰腺较小病变的检出率优于 CT，尤其是弥散加权成像（diffusion weighted imaging，DWI）序列[14-15]。其中 2017 年，Park 等[14, 15]在一项纳入 94 例<2 cm 胰腺肿瘤的回顾性研究表明，增强 MRI 对于病变检出准确性最高［曲线下面积（area under curve，AUC）= 0.930，0.977］，含 DWI 的非增强 MR 次之（AUC = 0.884，0.930），增强 CT 最差（AUC = 0.822，0.924）。

EUS 对于 PDAC 的早期检出优势与筛查优势相似。此外，动态增强 EUS 可进一步提高早期 PDAC 的检出。2012 年 Kitano 等[16]纳入 277 例因胰腺病变行动态增强 EUS 的患者，该研究表明动态增强 EUS 对小 PDAC 检出的敏感度和特异度分别为 91.2% 和 94.4%，优于常规 CT 检查。

需注意的是，对于高度怀疑 PDAC 的患者，当多种影像学检查结果甚至活检病理学结果均为阴性时，仍不能排除 PDAC 的诊断，需对其定期随访。

1.3 等强化胰腺导管腺癌

等强化 PDAC 即增强扫描时肿瘤的密度与正常胰腺实质相同，一般以 CT 值相差小于 15 HU 作为标准，其发生率约为 5% ~ 17%[17]。早期诊断等强化 PDAC 至关重要，因这部分肿瘤通常较小，分化较好，预后更好。但需明确的是等强化 PDAC 不等同于早期 PDAC，因仅不到 1/3 的等强化 PDAC 为 T1 期肿瘤。

多数研究均表明 MR 与 CT 相比能提高等强化 PDAC 检出的敏感度，此外，DWI 成像可提高小 PDAC

诊断的敏感度[14]。目前仅有一篇正电子发射计算机断层显像（positron emission tomography，PET）检出等强化 PDAC 的研究。该研究最终确定 35 例等密度 PDAC，等强化 PDAC 在 PET 上表现为局灶性高代谢，PET 对于等密度 PDAC 检出的敏感度约为 73.7%[17]。但需注意的是，PET 对 PDAC 的诊断具有一定局限性。首先，慢性胰腺炎和急性胰腺炎也可表现局限性代谢性增高；此外，病变的代谢水平与血糖水平相关，高血糖会导致肿瘤的氟脱氧葡萄糖摄取减少达 50% 以上。更重要的是，PET 的分辨率较低，当肿瘤<1 cm 时，会出现假阴性结果[18]。

1.4 间接征象

对于早期 PDAC 和等强化 PDAC 的诊断间接征象十分重要[19-20]。预测 PDAC 的间接征象及其价值由低到高可依次为：导管扩张（敏感度 50%、特异度 78%），低密度（敏感度 75%、特异度 84%），导管中断（敏感度 45%、特异度 82%），远端胰腺萎缩（敏感度 45%、特异度 96%），胰腺轮廓异常（敏感度 15%、特异度 92%），胆总管扩张（敏感度 5%、特异度 92%）[6]。

2 准确诊断及分期

PDAC 的准确诊断主要包括 T 分期、可切除性评价、淋巴结转移和远处转移评价，因 PDAC 具有嗜神经性，本文还将探讨 PDAC 周围神经侵犯。

2.1 T 分期

在多数指南中，胰腺三维薄层 CT 扫描是 PDAC 分期和决策评估的首选检查方法[21-23]。胰腺扫描一般行双期增强扫描，包括胰腺实质期和门脉期。胰腺实质期时病变与胰腺实质的强化差异达最大，有利于病变检出和 T 分期的评估。此外，CT 有多种图像后处理成像技术，包括多平面重建及 3D 技术等，可以更好地显示病变与周围结构的关系[24]。

2.2 可切除性评价

可切除性的评价有多个评价系统，包括 MD 安德森癌症中心分类[25]，国家综合癌症网络（National Comprehensive Cancer Network，NCCN）标准[26]和美国临床肿瘤协会（American Society of Clinical Oncology，ASCO）标准[21]，不同评价系统间有细微差别。目前被广泛接受的分类是 NCCN 标准血管侵犯的评价和可切除评价标准。

近期一项 Meta 分析表明，CT 评价血管侵犯的灵敏度和特异度分别为 65% 和 85%[27-28]。此外，CT 技术的进步和多种后处理技术的应用提高了 CT 的诊断和评估价值[29]。一些 CT 新技术也被应用于血管可切除性评价中，如虚拟单能 70kev 图像可很好地评估病变范围，尤其是血管侵犯情况[30]。但双源 CT 是否能够提高阴性切缘的预测，尚需进一步研究。

3D 打印技术借助 CT 或 MR 图像，利用计算机后处理技术进行图像分析、融合、计算、切割、渲染等，将病变与血管、胆道等的形态及空间分布直观且准确地展示出来，主要用于胰头癌，其可为个体化手术治疗方案提供决策，预防变异血管损伤，更好地指导复杂胰头癌的精准手术。此外，其可以缩短年轻医生的学习曲线[31]。

2.3 淋巴结转移

在实践中，区分区域内及区域外淋巴结侵犯十分重要。手术区外的淋巴结（肾下、腹膜后、主动脉旁、空肠系膜内、肠系膜上动脉左侧淋巴结）转移提示预后不佳，且是手术禁忌证[23,32]。在报告中这些淋巴结必须描述，以指导外科手术淋巴结活检。然而，目前所有影像学诊断对于淋巴结是否受累的诊断价值均有限。多种检查设备包括 MR，PET-CT，EUS 及 CT，对于 PDAC 或胆管癌淋巴结转移诊断准确度均较差，不超过 30%[33-34]。因为正常大小的淋巴结可以有微转移，而淋巴结增大可能是反应性增生，当采用淋巴结短径>1 cm 作为淋巴结转移标准时，其诊断的灵敏度仅为 14%。其他如圆形、不均匀、中心坏死和缺乏脂肪密度的淋巴结门等形态学标准也不能准确诊断转移的淋巴结[35]。2018 年，一项纳入 59 个病理确诊的淋巴结的研究表明，MRI 的功能成像技术体素内不相干运动成像中的参数 D 对于淋巴结诊断的 AUC 达 0.979[36]，但该项技术尚需大样本研究证实。

准确诊断淋巴结转移一直是影像学诊断的难点，影像组学在其他肿瘤的淋巴结转移中取得了不错效果[37]，笔者认为其有望用于 PDAC 的淋巴结转移评价中，但目前将影像学检查所见淋巴结与最终病理结果的淋巴结做到一一对应，尚存在问题，仍需进一步研究。

2.4 远处转移评价

目前多数研究表明 MRI 对于 PDAC 肝转移的评价优于 CT，推荐对于 CT 检查为可切除、交界可切除和局部进展的 PDAC 新辅助治疗前后行 MR 肝脏检查[23]。在一项纳入 62 个肝转移病灶（平均直径约

1 cm）的研究中，增强后 MR 对肝转移检出的灵敏度为 85%，而 CT 只有 69%，两者差异有统计学意义[38]。2018 年，Marion-Audibert 等[39]一项纳入 118 例 PDAC 的研究结果表明，对于 CT 检查肝转移阴性的患者，在 MRI 检查中，约 10%检出一个或多个肝转移病灶，从而改变临床治疗决策。是否将 PET 用于潜在可切除 PDAC 患者的评估，尚无共识。

PET 对于肝转移诊断的灵敏度仅为 45%~70%，对于<1 cm 的肝转移瘤检出率更低。但 PET 有助于检查腹部外的转移（尤其是骨转移），但 PDAC 骨转移罕见，当出现骨转移时，一般有其他不可切除的 CT 征象。此外 PET 分辨率低，在无对比剂注射情况下，不能用于 PDAC 的局部分期和血管累及情况评估[40]。

全身加权成像（whole body diffusion weighted imaging，WB-DWI）目前被用于评估多种肿瘤的淋巴转移、肝转移、骨转移和腹膜转移情况[41]，但目前尚未在 PDAC 分期评估中应用，笔者认为 WB-DWI 有望用于指导 PDAC 的分期，一站式评价 PDAC 的局部和远处转移情况。

2.5 周围神经侵犯

目前，PDAC 的影像学评价中不包括周围神经侵犯的评价。但 PDAC 具有噬神经性，容易累及胰腺周围及腹膜后神经[42]，且周围神经侵袭可以解释 R0 切除患者术后早期复发，周围神经或十二指肠受侵提示更差的术后预后率[43]。影像学上 PDAC 的周围神经侵犯表现为胰周腹膜后和或血管周围脂肪组织消失，脂肪组织中出现不规则软组织[44]。2007 年，Tian 等在一项纳入 41 例 PDAC 的研究中制定了依据 CT 评估 PDAC 周围神经侵犯的标准，标准 A 诊断的灵敏度为 100%，特意度为 91%，标准 B 诊断的灵敏度为 18%，特异度为 100%[45]。目前关于 PDAC 的研究较少，期待进一步的研究。

总之，对 PDAC 局部侵犯情况进行评估时，首选 CT 检查。对于怀疑肝转移患者，推荐行肝脏增强 MR 检查，高度怀疑转移但 CT 及 MR 检查阴性，推荐行 PET 或腹腔镜探查[46]。

3 鉴别诊断

多数情况下 PDAC 可准确诊断，但仍需与其他胰腺占位鉴别，包括肿块型慢性胰腺炎、局灶性自身免疫性胰腺炎（autoimmune pancreatitis，AIP）、实性假乳头状瘤（solid pseudopapillary neoplasm，SPN）、胰腺神经内分泌肿瘤（pancreatic neuroendocrine tumor，PNET）。

3.1 肿块型慢性胰腺炎

反复慢性胰腺炎可形成局灶性肿块，继而引起胰腺和胆管梗阻，其影像表现与 PDAC 难以区别[47]。近期研究表明 MR 增强的伪彩图可以帮助鉴别肿块型胰腺炎和 PDAC[48]。此外，MR 弹性成像可以区分 PDAC 和肿块型慢性胰腺炎[49]，对于难以鉴别的病例，EUS 引导下细针穿刺活检术可获得病变病理信息以帮助定性，但是结果阴性时并不能完全排除 PDAC，仍需密切监测。

3.2 局灶性自身免疫性胰腺炎

AIP 的临床表现与 PDAC 有很多相似之处，如两者均常发生于 60 岁以上的老年人，表现为无痛性黄疸、新发糖尿病以及血清肿瘤标志物水平升高[50]。IgG4 可以帮助诊断 AIP，但在 4%~7%的 PDAC 中偶尔可轻度升高[51-52]。AIP 的典型 CT 表现包括光滑、弥漫性增大、均匀延迟强化和包鞘样结构，然而 AIP 也可在 CT 上表现为肿块，即局灶型，难以与 PDAC 鉴别[53]。MRCP 显示胰管长节段狭窄且不伴有上游胰管的扩张以及 PET 上弥漫性胰腺和唾液腺同时高摄取均有助于鉴别这两种疾病[54]，经 EUS 引导下细针穿刺活检和短期试验性激素治疗亦可帮助鉴别诊断。

3.3 实性假乳头状瘤

SPN 是一种少见的恶性程度较低的肿瘤，可切除治愈，但放射学上难以与 PDAC 鉴别。SPN 多发生于年轻女性，且多位于胰尾，病变多较大，可伴出血和钙化，这些可以帮助与 PDAC 鉴别[55]。

3.4 胰腺神经内分泌肿瘤

有功能 PNET 依据典型的激素过量分泌的临床症状多可准确诊断。无功能 PNET 无相应临床症状，病变多偶然发现或出现占位效应时才检出，其影像学表现多样，典型影像学表现为动脉期明显强化的边界清楚实性病变，但仍然有多种不典型征象如非动脉期明显强化，增加了其与 PDAC 的鉴别诊断难度[56]。PNET 临床表现、强化特点、病变边界可帮助与 PDAC 相鉴别[57]。

对于 PDAC 与其他胰腺实性占位的鉴别，CT 通常作为首选检查方法，对于鉴别困难的病例，MRI 或 MRCP 可作为解决问题的工具，其可更好地显示胰胆管结构，具有更高的软组织分辨率，多参数成像特点可以帮助提高 PDAC 鉴别诊断的准确度[56]。影像组学可识别肉眼不可见的影像学特征，目前已用于疾病鉴别诊断并取得了较好的诊断效果[58]，但尚无影像组

学应用于 PDAC 鉴别诊断的相关研究。

4 评估及随访

4.1 新辅助治疗的评估

新辅助疗效影像学评估治疗反应十分复杂，目前研究仍较少，尚缺乏共识。早在 2001 年有学者即认为常规 CT 用于新辅助治疗后的再分期时会低估治疗反应[59]。近期多项研究亦表明，CT 评价标准和实体肿瘤疗效评价标准均不能准确评估新辅助治疗后疗效[60]。目前学者有建议，当影像学上出现肿瘤-血管接触面减少，不论多细微，即使肿瘤影像学表现仍然是局部进展，均可能提示病理反应，应行剖腹探查[61]。

目前，多种功能及定量影像学技术被应用于 PDAC 的新辅助评估中。Choi 等[62]纳入 20 例局部进展期 PDAC 患者，提示标准摄取值降低 50%以上提示 R0 切除，但 PET-CT 在该方面的研究仍较少。Park 等[63]研究表明，Ktrans 高时提示对化疗反应良好。然而目前腹部脏器的灌注发展仍不成熟，且这些研究尚需大样本研究证实。DWI 可用于直肠癌新辅助治疗后疗效评估及预测[64]，目前尚无报道其用于 PDAC 新辅助治疗疗效评估。需注意的是，DWI 用于胰腺疾病诊断仍有很多挑战，肿瘤相关的炎性反应也会导致弥散受限，从而在超过半数的病例中无法准确确定肿瘤边界[65]。

目前，多种结构成像均对新辅助治疗疗效评估表现较差，多种定量影像技术可能提供更多信息。PET-MR 融合了放射性同位素定量和表观扩散系数定量，有望用于 PDAC 新辅助治疗后疗效评价。

4.2 随访

胰腺疾病的随访主要包括血清学检查和影像学检查[66]。随访可以帮助明确疾病诊断，了解病情进展，及时有效制定合适的治疗方案。

对于怀疑 PDAC，但难以与 AIP 及肿块型胰腺炎鉴别时需密切随访，随访影像学检查项目包括 CT、MR 等，随访频率为每 2~3 个月 1 次[23]。

对于 PDAC 术后患者，第 1 年每 3 个月随访 1 次，第 2~3 年每 3~6 个月随访 1 次，之后每 6 个月随访 1 次，随访影像学检查包括超声、上腹部增强 CT，随访时间至少 5 年，对于怀疑有肝转移或骨转移的患者建议加行肝脏 MR 和骨扫描[23]。

对于晚期和合并远处转移患者，至少每 2~3 个月随访 1 次，影像学检查主要为增强 CT，必要时可复查 PET-CT[23]。

5 总结与展望

影像学在 PDAC 的早期诊断、准确诊断分期、鉴别诊断、随访观察及治疗疗效评估等方面均发挥者重要作用。对于 PDAC 的分期可以依靠图像质量好的多期增强 CT，准确区分肿瘤与血管的关系从而指导临床治疗决策。

对于 CT 未发现肝转移和疑似可切除患者需要明确是否有肝转移时，建议常规行肝脏 MR 检查。PET 整体对于 PDAC 的诊断价值不大，但可用于评估肝转移外的其他全身远处转移。

目前常规的影像学技术无法准确评估 PDAC 新辅助治疗疗效及可切除性。多种定量功能影像学技术的发展，有望突破这一瓶颈。此外，多学科协作诊治有助于诊断和鉴别诊断，应贯穿 PDAC 患者诊疗的全程。

参 考 文 献

[1] Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer statistics, 2018 [J]. CA Cancer J Clin, 2018, 68: 7-30.

[2] Chen W, Zheng R, Baade PD, et al. Cancer statistics in China, 2015 [J]. CA Cancer J Clin, 2016, 66: 115-132.

[3] Rahib L, Smith BD, Aizenberg R, et al. Projecting cancer incidence and deaths to 2030: the unexpected burden of thyroid, liver, and pancreas cancers in the United States [J]. Cancer Res, 2014, 74: 2913-2921.

[4] Hanada K, Okazaki A, Hirano N, et al. Effective screening for early diagnosis of pancreatic cancer [J]. Best Pract Res Clin Gastroenterol, 2015, 29: 929-939.

[5] Canto MI, Hruban RH, Fishman EK, et al. Frequent detection of pancreatic lesions in asymptomatic high-risk individuals [J]. Gastroenterology, 2012, 142: 796-804; quiz e14-e15.

[6] Canto MI, Harinck F, Hruban RH, et al. International Cancer of the Pancreas Screening (CAPS) Consortium summit on the management of patients with increased risk for familial pancreatic cancer [J]. Gut, 2013, 62: 339-347.

[7] 石娟，董卫国. 超声内镜引导下细针穿刺对胰腺癌的诊断价值 [J]. 胃肠病学和肝病学杂志，2018，27：39-42.

[8] Mensel B, Messner P, Mayerle J, et al. Secretin-stimulated MRCP in volunteers: assessment of safety, duct visualization,

and pancreatic exocrine function [J]. AJR Am J Roentgenol, 2014, 202: 102-108.

[9] 杨廷双. 早期胰腺癌影像学诊断的研究进展 [J]. 中国医学影像技术, 2009, 25: 221-223.

[10] 夏蜀珺, 郭俊超, 李建, 等. MicroRNAs 在胰腺癌早期诊断中的应用 [J]. 协和医学杂志, 2014, 5: 210-212.

[11] Bronstein YL, Loyer EM, Kaur H, et al. Detection of small pancreatic tumors with multiphasic helical CT [J]. AJR Am J Roentgenol, 2004, 182: 619-623.

[12] McNamara MM, Little MD, Alexander LF, et al. Multireader evaluation of lesion conspicuity in small pancreatic adenocarcinomas: complimentary value of iodine material density and low keV simulated monoenergetic images using multiphasic rapid kVp-switching dual energy CT [J]. Abdom Imaging, 2015, 40: 1230-1240.

[13] Brook OR, Gourtsoyianni S, Brook A, et al. Split-bolus spectral multidetector CT of the pancreas: assessment of radiation dose and tumor conspicuity [J]. Radiology, 2013, 269: 139-148.

[14] Park HJ, Jang KM, Song KD, et al. Value of unenhanced MRI with diffusion-weighted imaging for detection of primary small (</=20 mm) solid pancreatic tumours and prediction of pancreatic ductal adenocarcinoma [J]. Clin Radiol, 2017, 72: 1076-1084.

[15] Choi TW, Lee JM, Kim JH, et al. Comparison of Multidetector CT and Gadobutrol-Enhanced MR Imaging for Evaluation of Small, Solid Pancreatic Lesions [J]. Korean J Radiol, 2016, 17: 509-521.

[16] Kitano M, Kudo M, Yamao K, et al. Characterization of small solid tumors in the pancreas: the value of contrast-enhanced harmonic endoscopic ultrasonography [J]. Am J Gastroenterol, 2012, 107: 303-310.

[17] Kim JH, Park SH, Yu ES, et al. Visually isoattenuating pancreatic adenocarcinoma at dynamic-enhanced CT: frequency, clinical and pathologic characteristics, and diagnosis at imaging examinations [J]. Radiology, 2010, 257: 87-96.

[18] Nguyen VX, Nguyen CC, Nguyen BD. (1) (8) F-FDG PET/CT imaging of the pancreas: spectrum of diseases [J]. Jop, 2011, 12: 557-566.

[19] Prokesch RW, Chow LC, Beaulieu CF, et al. Isoattenuating pancreatic adenocarcinoma at multi-detector row CT: secondary signs [J]. Radiology, 2002, 224: 764-768.

[20] Blouhos K, Boulas KA, Tsalis K, et al. The isoattenuating pancreatic adenocarcinoma: Review of the literature and critical analysis [J]. Surg Oncol, 2015, 24: 322-328.

[21] Khorana AA, Mangu PB, Berlin J, et al. Potentially Curable Pancreatic Cancer: American Society of Clinical Oncology Clinical Practice Guideline Update [J]. J Clin Oncol, 2017, 35: 2324-2328.

[22] Tempero MA, Malafa MP, Al-Hawary M, et al. Pancreatic Adenocarcinoma, Version 2. 2017, NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology [J]. J Natl Compr Canc Netw, 2017, 15: 1028-1061.

[23] 中国抗癌协会胰腺癌专业委员会. 胰腺癌综合诊治指南(2018 版) [J]. 中华外科杂志, 2018, 56: 481-494.

[24] 杨红, 钱家鸣, 杨爱明, 等. 不同影像学方法在胰腺癌诊断中的价值与比较 [J]. 协和医学杂志, 2010, 01: 137-140.

[25] Varadhachary GR, Tamm EP, Abbruzzese JL, et al. Borderline resectable pancreatic cancer: definitions, management, and role of preoperative therapy [J]. Ann Surg Oncol, 2006, 13: 1035-1046.

[26] Zaky AM, Wolfgang CL, Weiss MJ, et al. Tumor-Vessel Relationships in Pancreatic Ductal Adenocarcinoma at Multidetector CT: Different Classification Systems and Their Influence on Treatment Planning [J]. Radiographics, 2017, 37: 93-112.

[27] Zamboni GA, Kruskal JB, Vollmer CM, et al. Pancreatic adenocarcinoma: value of multidetector CT angiography in preoperative evaluation [J]. Radiology, 2007, 245: 770-778.

[28] Fletcher JG, Wiersema MJ, Farrell MA, et al. Pancreatic malignancy: value of arterial, pancreatic, and hepatic phase imaging with multi-detector row CT [J]. Radiology, 2003, 229: 81-90.

[29] Zhao WY, Luo M, Sun YW, et al. Computed tomography in diagnosing vascular invasion in pancreatic and periampullary cancers: a systematic review and meta-analysis [J]. Hepatobiliary Pancreat Dis Int, 2009, 8: 457-464.

[30] Bhosale P, Le O, Balachandran A, et al. Quantitative and Qualitative Comparison of Single-Source Dual-Energy Computed Tomography and 120-kVp Computed Tomography for the Assessment of Pancreatic Ductal Adenocarcinoma [J]. J Comput Assist Tomogr, 2015, 39: 907-913.

[31] 中华医学会外科学分会胰腺外科学组, 中国研究型医院学会胰腺疾病专业委员会, 中华医学会数字医学分会, 等. 胰头癌三维可视化精准诊治专家共识 [J]. 中华外科杂志, 2017, 55: 881-886.

[32] Doi R, Kami K, Ito D, et al. Prognostic implication of para-aortic lymph node metastasis in resectable pancreatic cancer [J]. World J Surg, 2007, 31: 147-154.

[33] Tseng DS, van Santvoort HC, Fegrachi S, et al. Diagnostic accuracy of CT in assessing extra-regional lymphadenopathy in pancreatic and peri-ampullary cancer: a systematic review and meta-analysis [J]. Surg Oncol, 2014, 23: 229-235.

[34] Kauhanen SP, Komar G, Seppanen MP, et al. A prospective diagnostic accuracy study of 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography, multidetector row computed tomography, and magnetic resonance imaging in primary diagnosis and staging of pancreatic cancer [J]. Ann Surg, 2009, 250: 957-963.

[35] Roche CJ, Hughes ML, Garvey CJ, et al. CT and pathologic assessment of prospective nodal staging in patients with ductal adenocarcinoma of the head of the pancreas [J]. AJR Am J Roentgenol, 2003, 180: 475-480.

[36] Rong D, Mao Y, Hu W, et al. Intravoxel incoherent motion magnetic resonance imaging for differentiating metastatic and non-metastatic lymph nodes in pancreatic ductal adenocarcinoma [J]. Eur Radiol, 2018, 28: 2781-2789.

[37] Huang YQ, Liang CH, He L, et al. Development and Validation of a Radiomics Nomogram for Preoperative Prediction of Lymph Node Metastasis in Colorectal Cancer [J]. J Clin Oncol, 2016, 34: 2157-2164.

[38] Motosugi U, Ichikawa T, Morisaka H, et al. Detection of pancreatic carcinoma and liver metastases with gadoxetic acid-enhanced MR imaging: comparison with contrast-enhanced multi-detector row CT [J]. Radiology, 2011, 260: 446-453.

[39] Marion-Audibert AM, Vullierme MP, Ronot M, et al. Routine MRI With DWI Sequences to Detect Liver Metastases in Patients With Potentially Resectable Pancreatic Ductal Carcinoma and Normal Liver CT: A Prospective Multicenter Study [J]. AJR Am J Roentgenol, 2018, W1-W9.

[40] 张文文，郝珊瑚，王治国，等. 18F-脱氧葡萄糖 PET/CT 与增强 CT 在胰腺癌鉴别诊断中应用价值 [J]. 临床军医杂志, 2017, 45: 1035-1038.

[41] Lecouvet FE, Van Nieuwenhove S, Jamar F, et al. Whole-Body MR Imaging: The Novel, "Intrinsically Hybrid," Approach to Metastases, Myeloma, Lymphoma, in Bones and Beyond [J]. PET Clin, 2018, 13: 505-522.

[42] Mochizuki K, Gabata T, Kozaka K, et al. MDCT findings of extrapancreatic nerve plexus invasion by pancreas head carcinoma: correlation with en bloc pathological specimens and diagnostic accuracy [J]. Eur Radiol, 2010, 20: 1757-1567.

[43] Chang ST, Jeffrey RB, Patel BN, et al. Preoperative Multidetector CT Diagnosis of Extrapancreatic Perineural or Duodenal Invasion Is Associated with Reduced Postoperative Survival after Pancreaticoduodenectomy for Pancreatic Adenocarcinoma: Preliminary Experience and Implications for Patient Care [J]. Radiology, 2016, 281: 816-825.

[44] Zuo HD, Tang W, Zhang XM, et al. CT and MR imaging patterns for pancreatic carcinoma invading the extrapancreatic neural plexus (Part II): Imaging of pancreatic carcinoma nerve invasion [J]. World J Radiol, 2012, 4: 13-20.

[45] Tian H, Mori H, Matsumoto S, et al. Extrapancreatic neural plexus invasion by carcinomas of the pancreatic head region: evaluation using thin-section helical CT [J]. Radiat Med, 2007, 25: 141-147.

[46] Zins M, Matos C, Cassinotto C. Pancreatic Adenocarcinoma Staging in the Era of Preoperative Chemotherapy and Radiation Therapy [J]. Radiology, 2018, 287: 374-90.

[47] 李亮，程三房，乔万海. 胰腺癌的多层螺旋 CT 及 MRI 影像学诊断分析 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2016, 14: 4-6.

[48] Kim M, Jang KM, Kim JH, et al. Differentiation of mass-forming focal pancreatitis from pancreatic ductal adenocarcinoma: value of characterizing dynamic enhancement patterns on contrast-enhanced MR images by adding signal intensity color mapping [J]. Eur Radiol, 2017, 27: 1722-1732.

[49] Yamashita Y, Kato J, Ueda K, et al. Contrast-Enhanced Endoscopic Ultrasonography for Pancreatic Tumors [J]. Biomed Res Int, 2015, 2015: 491782.

[50] Kamisawa T, Imai M, Yui Chen P, et al. Strategy for differentiating autoimmune pancreatitis from pancreatic cancer [J]. Pancreas, 2008, 37: e62-e67.

[51] Kamisawa T, Wood LD, Itoi T, et al. Pancreatic cancer [J]. Lancet, 2016, 388: 73-85.

[52] Dai C, Cao Q, Jiang M, et al. Serum Immunoglobulin G4 in Discriminating Autoimmune Pancreatitis From Pancreatic Cancer: A Diagnostic Meta-analysis [J]. Pancreas, 2018, 47: 280-284.

[53] 陈佩钦，王俭. 自身免疫性胰腺炎与胰腺癌影像学鉴别 [J]. 肝胆胰外科杂志, 2012, 24: 260-261, 264.

[54] Lee TY, Kim MH, Park DH, et al. Utility of 18F-FDG PET/CT for differentiation of autoimmune pancreatitis with atypical pancreatic imaging findings from pancreatic cancer [J]. AJR Am J Roentgenol, 2009, 193: 343-348.

[55] Law JK, Stoita A, Wever W, et al. Endoscopic ultrasound-guided fine needle aspiration improves the pre-operative diagnostic yield of solid-pseudopapillary neoplasm of the pancreas: an international multicenter case series (with video) [J]. Surg Endosc, 2014, 28: 2592-2598.

[56] Coakley FV, Hanley-Knutson K, Mongan J, et al. Pancreatic imaging mimics: part 1, imaging mimics of pancreatic adenocarcinoma [J]. AJR Am J Roentgenol, 2012, 199: 301-308.

[57] Jeon SK, Lee JM, Joo I, et al. Nonhypervascular Pancreatic Neuroendocrine Tumors: Differential Diagnosis from Pancreatic Ductal Adenocarcinomas at MR Imaging-Retrospective Cross-sectional Study [J]. Radiology, 2017, 284: 77-87.

[58] Yin P, Mao N, Zhao C, et al. Comparison of radiomics machine-learning classifiers and feature selection for differentia-

tion of sacral chordoma and sacral giant cell tumour based on 3D computed tomography features [J]. Eur Radiol, 2018. doi: 10. 1007/s00330-018-5730-6. [Epub ahead of print].

[59] White RR, Paulson EK, Freed KS, et al. Staging of pancreatic cancer before and after neoadjuvant chemoradiation [J]. J Gastrointest Surg, 2001, 5: 626-633.

[60] Katz MH, Fleming JB, Bhosale P, et al. Response of borderline resectable pancreatic cancer to neoadjuvant therapy is not reflected by radiographic indicators [J]. Cancer, 2012, 118: 5749-5756.

[61] Xia BT, Fu B, Wang J, et al. Does radiologic response correlate to pathologic response in patients undergoing neoadjuvant therapy for borderline resectable pancreatic malignancy? [J]. J Surg Oncol, 2017, 115: 376-383.

[62] Choi M, Heilbrun LK, Venkatramanamoorthy R, et al. Using 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography to monitor clinical outcomes in patients treated with neoadjuvant chemo-radiotherapy for locally advanced pancreatic cancer [J]. Am J Clin Oncol, 2010, 33: 257-261.

[63] Park MS, Klotz E, Kim MJ, et al. Perfusion CT: noninvasive surrogate marker for stratification of pancreatic cancer response to concurrent chemo- and radiation therapy [J]. Radiology, 2009, 250: 110-117.

[64] Kim SH, Lee JM, Hong SH, et al. Locally advanced rectal cancer: added value of diffusion-weighted MR imaging in the evaluation of tumor response to neoadjuvant chemo- and radiation therapy [J]. Radiology, 2009, 253: 116-125.

[65] Fukukura Y, Takumi K, Kamimura K, et al. Pancreatic adenocarcinoma: variability of diffusion-weighted MR imaging findings [J]. Radiology, 2012, 263: 732-740.

[66] Zuo HD, Zhang XM, Li CJ, et al. CT and MR imaging patterns for pancreatic carcinoma invading the extrapancreatic neural plexus (Part Ⅰ): Anatomy, imaging of the extrapancreatic nerve [J]. World J Radiol, 2012, 4: 36-43.

(收稿日期: 2018-10-22)